

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 797 329

②1 N° d'enregistrement national : 99 10267

⑤1 Int Cl⁷ : G 01 V 1/28, E 21 B 43/30

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 06.08.99.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 09.02.01 Bulletin 01/06.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : ELF EXPLORATION PRODUCTION
Société anonyme — FR.

⑦2 Inventeur(s) :

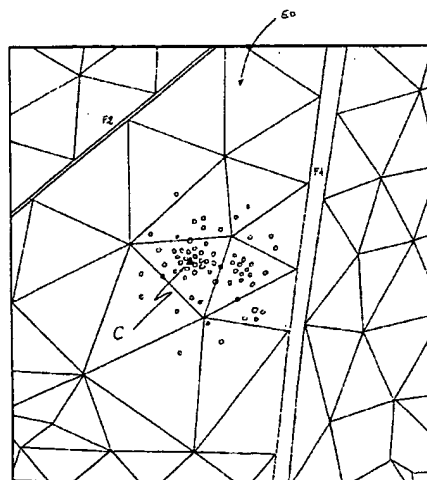
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : CABINET FEDIT LORiot.

⑤4 METHODE D'ELABORATION DE CARTES DE PROBABILITE DE POSITION DE POINT D'IMPACT D'UN PUIITS.

⑤7 Méthode d'élaboration de cartes de probabilité de position de point d'impact d'un puits.

Elle consiste à définir un point cible fixe et invariant, choisi a priori sur un emplacement initial E0 de la surface S, discrétiser la surface S à l'aide d'un maillage composé de noeuds et de mailles, affecter au moins un vecteur d'incertitude géométrique élémentaire à chaque noeud du maillage de la surface S, déterminer un nombre d'occurrences statistiquement significatif d'emplacements de la surface S en fonction des incertitudes géométriques qui l'affectent, projeter le point cible sur chaque occurrence d'emplacements de la surface pour en déduire un point d'impact, reporter l'ensemble des points d'impact sur l'emplacement E0 de la surface S en attribuant à chacun de ces points des coordonnées surfaciques identiques à celles qu'il avait sur l'occurrence d'emplacements de la surface le contenant, définir sur la surface S une distribution statistique pour l'ensemble des points d'impact, déterminer à partir de la distribution statistique une densité de probabilité en tous les points de la surface S, ladite densité donnant la probabilité pour qu'un point quelconque de la surface S soit un point d'impact, et cartographier sur la surface S la densité de probabilité en courbes de niveaux.



FR 2 797 329 - A1



Méthode d'élaboration de cartes de probabilité de position de point d'impact d'un puits

La présente invention concerne une méthode d'élaboration de
5 cartes de probabilité de position de point d'impact d'un puits sur une surface
incluse dans un milieu en trois dimensions et dont la position de chaque
point est connue avec des incertitudes géométriques.

Les incertitudes géométriques de position sont des vecteurs dont
les composantes sont exprimées en unités de longueur, par exemple en
10 mètres, dans les trois dimensions du milieu.

Pour connaître la structure géométrique du sous-sol, il est usuel,
en exploration pétrolière notamment, de réaliser ce qui est appelé un bloc
sismique 3D et l'ensemble correspondant de vitesses de sommation (stack).
Les moyens d'obtention d'un bloc sismique 3D sont bien connus des
15 spécialistes et ne seront pas décrits en détail. Ayant obtenu un bloc sismique
satisfaisant, on procède généralement à une étape de migration. L'opération
de migration a pour but de fournir à l'interpréteur une image du sous-sol
qui se rapproche le plus possible d'une coupe géologique.

Deux types de migration sont principalement utilisés, à savoir la
20 migration temps et la migration profondeur. La migration temps fournit une
image acoustique. La migration profondeur fournit une image en
profondeur du sous-sol aussi exacte que possible. Mais les deux types de
migration nécessitent au préalable, la définition d'un modèle de vitesses, qui
peut être obtenu, par exemple comme proposé par LANDA (Geophysical
25 Prospecting n° 86, pp 223-243, 1988) ou encore par WHITCOMBE (61^{ème}
SEG, Houston, 1991).

En pratique, les modèles de vitesses sont entachés d'incertitudes,
ce qui rend les résultats des migrations par là-même imprécis. Dans un
article présenté à l'EAEG 1996 (Amsterdam 3-4 juin 1996), P. THORE et
30 A. HAAS ont proposé une méthode pratique et simple pour déterminer les
erreurs de migration dues à l'incertitude sur les vitesses, ainsi que des
formules simplifiées susceptibles d'être utilisées selon qu'on est en présence
d'une migration profondeur ou d'une migration temps. Ces formules
peuvent être considérées comme une approximation de premier ordre pour
35 la détermination de la direction et du module d'un vecteur incertitude dans

le cas d'un champ de vitesses variable et pour autant que l'on soit dans le domaine de validité de la formule de DIX, c'est-à-dire avec des variations latérales uniformes de vitesses pour des réflecteurs plans et peu pentés.

Dans le brevet FR-A-2 763 702, il est décrit une méthode
5 d'élaboration de cartes de risques de positionnement d'un puits dans un milieu en fonction d'erreurs de migration dues à l'incertitude sur le champ de vitesses. La méthode a pour objet d'effectuer autant de migrations d'un horizon sismique que l'on a de vitesses possibles et de noter les points d'impact d'un puits de forage fixé sur chaque occurrence d'emplacement de
10 l'horizon migré.

Par ailleurs, la détermination d'une trajectoire d'un puits de forage dépend, d'une part, du choix d'un point de départ et, d'autre part, du choix d'un point cible à atteindre dans le sous-sol. Classiquement, le point cible se situe sur une surface présente dans le bloc sismique 3D, ladite
15 surface constituant un horizon sismique. Etant donné que les emplacements des horizons sismiques sont affectés par des vecteurs d'incertitudes géométriques, le point cible ne peut avoir une position précise que sur une et une seule occurrence d'emplacement de l'horizon. En fait, chaque occurrence d'emplacement de l'horizon donne lieu à une nouvelle position
20 du point cible et la réunion d'un grand nombre de ces positions offre une distribution des points d'impacts du puits de forage sur l'horizon.

Dans la demande de brevet français numéro 99 02 088 du 19 février 1999, il est décrit une méthode pour la détermination d'une trajectoire optimale pour atteindre une cible floue dans un milieu à partir
25 d'un point distant. La méthode utilise les incertitudes géométriques affectant un volume pour déterminer une trajectoire optimale d'un forage. Le volume est probabilisé à l'aide des incertitudes géométriques et la trajectoire optimale est celle qui traverse au mieux le volume probabilisé.

La présente invention a pour objet une méthode permettant de
30 dresser une carte de probabilité de position de points d'impact d'un puits de forage parfaitement déterminé sur une surface incluse dans un milieu tridimensionnel d'axes x, y, z et dont l'emplacement est connu avec des incertitudes géométriques. En particulier, ladite surface est un horizon sismique inclus dans un bloc sismique défini dans un repère tridimensionnel
35 d'axes x, y, z et l'emplacement de l'horizon est entaché d'incertitudes.

La méthode selon l'invention concerne le risque de positionnement. Cependant, bien que son but soit de dresser des cartes de risques, elle ne réalise pas pour cela des migrations successives selon diverses vitesses comme dans FR-A-2 763 702. Plus précisément, la méthode
5 remédie aux déficiences de la méthode décrite dans FR-A-2 763 702 en prenant en compte l'ensemble des causes d'incertitudes qui affectent l'emplacement d'un horizon dans le sous-sol pour dresser une carte de probabilité de position de points d'impact.

De plus, bien que la méthode selon l'invention utilise les
10 incertitudes géométriques, son but n'est pas de calculer une trajectoire optimale comme cela est décrit dans la demande de brevet français numéro 99 02 088.

La méthode, selon l'invention, pour l'élaboration de cartes de probabilité de position de points d'impact d'un puits sur une surface S
15 incluse dans un milieu en trois dimensions et dont l'emplacement est connu avec des incertitudes géométriques données, est caractérisée en ce qu'elle consiste à :

- définir un point cible fixe et invariant, choisi a priori sur un emplacement initial E0 de la surface S,
- 20 - discrétiser la surface S à l'aide d'un maillage composé de nœuds et de mailles,
- affecter au moins un vecteur d'incertitude géométrique élémentaire à chaque nœud du maillage de la surface S,
- déterminer un nombre d'occurrences statistiquement significatif
25 d'emplacements de la surface S en fonction des incertitudes géométriques qui l'affectent,
- projeter le point cible sur chaque occurrence d'emplacement de la surface S pour en déduire un point d'impact,
- reporter l'ensemble des points d'impact sur l'emplacement E0
30 de la surface S en attribuant à chacun de ces points des coordonnées surfaciques identiques à celles qu'il avait sur l'occurrence d'emplacement de la surface le contenant,
- définir sur la surface S une distribution statistique pour l'ensemble des points d'impact,
- 35 - déterminer à partir de la distribution statistique une densité de

probabilité en tous les points de la surface S, ladite densité donnant la probabilité pour qu'un point quelconque de la surface S soit un point d'impact, et

- cartographier sur l'emplacement E0 de la surface S la densité de probabilité en courbes de niveaux.

Selon une caractéristique de l'invention, les occurrences d'emplacements de la surface sont obtenues par tirages au sort des vecteurs d'incertitudes élémentaires.

- Selon une autre caractéristique de l'invention, on attribue en chaque nœud du maillage de la surface plusieurs vecteurs d'incertitudes géométriques élémentaires et on calcule un vecteur incertitude global qui est la résultante desdits vecteurs d'incertitudes géométriques élémentaires et qui est affecté au nœud considéré.

- Selon une autre caractéristique, la surface S étant un horizon sismique défini par un pointé et une migration profondeur, on attribue à chaque nœud du maillage de l'horizon sismique trois vecteurs d'incertitudes géométriques élémentaires, qui sont un vecteur d'incertitude sur le pointé de l'horizon, un vecteur d'incertitude sur la migration profondeur et un vecteur d'incertitude sur un calage sismique de l'horizon à au moins un forage du milieu, pour calculer le vecteur résultante desdits vecteurs.

Selon une autre caractéristique de l'invention, en chaque nœud de l'horizon, les incertitudes géométriques élémentaires varient en intensité sans varier en direction.

- Selon une autre caractéristique de l'invention, les variations de direction des incertitudes géométriques élémentaires en chaque nœud de l'horizon sont prédéterminées.

- Selon une autre caractéristique de l'invention, en des nœuds voisins de la surface, les intensités des vecteurs incertitudes résultantes présentent des valeurs telles que lesdits nœuds ne se déplacent pas de façon indépendante les uns des autres lors de la détermination de chaque occurrence d'emplacement de la surface.

- Selon une autre caractéristique de l'invention, lorsque la surface est traversée par au moins une cassure, les points de contact de la surface avec la cassure, ainsi que la partie du plan de cassure qui relie les morceaux de la surface entre eux sont solidaires de la surface lors de la détermination

de chacune de ses occurrences d'emplacement.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la détermination de la densité de probabilité de présence d'un point d'impact quelconque sur la surface à partir de la distribution des points d'impact consiste à :

- 5 - inscrire l'ensemble des points d'impact dans un quadrilatère s'appuyant sur la surface S,
- mailler le quadrilatère à l'aide de mailles ayant toutes la même aire,
- attribuer à chaque maille une valeur de probabilité égale au
- 10 rapport du nombre de points d'impact qui la traversent au nombre total de points d'impact inscrits dans le quadrilatère.

Dans une mise en œuvre avantageuse de la méthode selon l'invention :

- on définit le point cible C comme un point de coordonnées Cx,
- 15 Cy et Cz choisi a priori sur un emplacement initial d'une surface dans un milieu tridimensionnel,
- on maille entièrement la surface,
- on attribue un ensemble (n-uplet) de vecteurs d'incertitudes géométriques élémentaires à chaque nœud du maillage,
- 20 - on procède à un tirage aléatoire des intensités des vecteurs incertitudes élémentaires en chaque nœud de la surface puis on forme la résultante desdits vecteurs et on déplace chaque nœud selon le vecteur incertitude résultante qui lui est attribué, chaque ensemble des nouvelles positions des nœuds définissant une nouvelle occurrence d'emplacement de
- 25 la surface,
- on projette verticalement le point cible sur chaque occurrence d'emplacement de la surface pour en déduire un nouveau point d'impact,
- on transfère chaque point d'impact sur l'emplacement initial de la surface en lui attribuant, sur cet emplacement, des coordonnées surfaciques identiques à celles qu'il avait sur sa propre occurrence
- 30 d'emplacement de surface,
- on détermine un quadrilatère circonscrit à l'ensemble des points d'impact et s'appuyant sur la surface,
- on réalise un maillage secondaire du quadrilatère à l'aide de
- 35 mailles secondaires d'aires égales entre elles,

- on compte le nombre de points d'impact associés à chaque maille secondaire, opération qui produit une distribution sous la forme d'un histogramme dans les deux dimensions définissant la surface S,

5 - on définit, à partir de l'histogramme, une densité de probabilité en deux dimensions par attribution à chaque maille secondaire d'une probabilité égale au rapport du nombre de points d'impact qui l'atteignent au nombre total de points d'impact contenus dans le quadrilatère,

10 - on calcule la probabilité de présence d'un point d'impact en un lieu quelconque sur la surface en utilisant la densité de probabilité en deux dimensions, et

- on trace des courbes d'isoprobabilité de points d'impact sur la surface.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation illustré par les dessins annexés sur
15 lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un bloc sismique 3D contenant une surface, figurant un horizon sismique, et un point cible,

20 - la figure 2 représente un maillage d'un horizon sismique image du toit d'un réservoir pétrolier affecté par des vecteurs incertitudes en chaque nœud du maillage,

- la figure 3 montre le toit et la base d'un réservoir pétrolier dans sa totalité, ledit réservoir étant scindé en quatre compartiments par trois failles, la figure 3a étant un agrandissement d'un contact du toit avec une
25 faille,

- la figure 4 montre le toit du réservoir pétrolier maillé de la figure 2 traversé par deux failles et sur lequel on a indiqué un point cible et les points d'impact effectifs,

30 - la figure 5 montre un quadrilatère maillé circonscrit à plusieurs points d'impact et situé sur le toit du réservoir pétrolier,

- la figure 6 montre des courbes d'isoprobabilité d'impact sur le toit du réservoir pétrolier déduites de la distribution des points d'impact de la figure 5.

Sur la figure 1 est représenté un bloc sismique tridimensionnel B
35 d'axes x, y et z. Le bloc a été obtenu par traitement conventionnel de

données de sismique réflexion acquises dans ce bloc et complété par une analyse effectuée par des interprétateurs. A l'intérieur d'un bloc sismique, on distingue classiquement des horizons sismiques plus ou moins continus. Les horizons sont assimilés à des limites de couches de sédiments et les discontinuités à des cassures ou des failles.

A l'intérieur du bloc sismique B, on a représenté un seul horizon sismique, à savoir, la surface S figurant, par exemple, le toit d'un réservoir pétrolier. Cette surface est généralement affectée par des failles dont une seule F est représentée sur la figure 1.

La figure 1 montre également un point cible C choisi et fixé une fois pour toutes à l'intérieur du bloc B. Le point cible C, considéré comme invariant, est placé sur un emplacement E0 choisi a priori de la surface S. En réalité, le point cible se trouve dans un voisinage immédiat de la surface S puisque l'emplacement de cette dernière est connu de façon imprécise.

La surface et les failles qui l'affectent sont discrétisées par un maillage composé de nœuds et de mailles. Le maillage apparaît comme une triangulation de la surface et il est d'autant plus fin que l'intérêt pétrolier est grand. En chaque nœud du maillage, la surface S se voit attribuer un vecteur d'incertitude géométrique global I qui varie en intensité et en direction (fig. 2).

La position de chaque nœud de la surface est ainsi connue avec une incertitude géométrique globale I, laquelle est définie par un vecteur ayant trois composantes I_x , I_y et I_z selon les trois axes du repère du bloc sismique.

Le milieu représenté par le bloc B étant une portion du sous-sol et la surface S étant un horizon sismique défini par un pointé et une migration profondeur de données sismiques relatives à ladite portion, on attribue à chaque nœud du maillage de l'horizon trois vecteurs d'incertitudes géométriques élémentaires ou triplet, qui sont : une incertitude I_p sur le pointé des horizons, une incertitude I_m sur la migration profondeur et une incertitude I_f sur le calage sismique par rapport à au moins un forage du sous-sol. Les incertitudes géométriques élémentaires sont données sous la forme de trois vecteurs, chaque vecteur étant accompagné de sa propre incertitude absolue. Par calage sismique on entend la mise en correspondance des horizons sismiques avec leurs emplacements observés dans

un puits de forage.

Par exemple, le vecteur incertitude élémentaire I_p sur le pointé possède une incertitude absolue dI_p . On considère alors dans la méthode selon l'invention, qu'une fonction de densité de probabilité est associée au vecteur I_p , laquelle est avantageusement une fonction de densité gaussienne de moyenne nulle et d'écart-type dI_p .

En chaque nœud, on détermine un module pour chaque vecteur d'incertitude élémentaire par application d'une méthode de type Monte-Carlo qui associe un vecteur d'incertitude élémentaire à un nombre tiré au sort compris entre 0 et 1.

En chaque nœud de la surface, on détermine ainsi par tirage au sort les composantes de chaque vecteur membre du triplet (I_p , I_m , I_f) puis on forme la résultante I de ces vecteurs. On déplace ensuite chaque nœud dans le bloc B dans la direction du vecteur I et d'une quantité correspondant à son module.

Quand on a effectué les tirages au sort pour tous les nœuds compris dans la surface S, on obtient une occurrence d'emplacement de ladite surface S. Le nombre d'occurrences d'emplacement de la surface est considéré comme statistiquement significatif lorsqu'on a déterminé au moins trente à cinquante occurrences d'emplacement ; de préférence, le nombre d'occurrences d'emplacement est de l'ordre de plusieurs centaines, voire de plusieurs milliers, cela dépendant généralement du nombre de nœuds compris dans la surface S.

Afin de ne pas générer des surfaces non naturelles (trop froissées) lors des déplacements des nœuds, on attribue une certaine rigidité à la surface. Cette rigidité est simulée par action sur les tirages au sort. Ainsi, au cours des tirages au sort des vecteurs incertitudes, notamment avec la méthode de Monte-Carlo, on prend des valeurs tirées au sort sensiblement proches les unes des autres pour des points voisins sur la surface. Cela signifie qu'en des nœuds voisins de la surface S, les intensités des vecteurs incertitudes résultantes présentent des valeurs telles que lesdits nœuds ne se déplacent pas de façon indépendante lors de la détermination de chaque occurrence d'emplacement de la surface S.

La figure 3 illustre l'accrochage des horizons aux cassures qui les recourent, le cas échéant. La figure montre un réservoir pétrolier limité

supérieurement par son toit ou surface M et inférieurement par sa base ou surface N. Le réservoir est scindé en quatre compartiments par trois failles F1, F2 et F3. Un grossissement du contact entre la faille F1 et le toit M (fig. 3a), indique comment les maillages des horizons et des failles se relie
5 entre eux par partage de nœuds communs. La portion de la faille F1, marquée F 11, est considérée comme faisant partie intégrante du toit du réservoir M lors de chaque déplacement du toit par tirage au sort des vecteurs incertitudes élémentaires qui l'affectent. Par exemple, le nœud R, situé au contact du toit M avec la faille F1, est commun aux maillages du
10 toit M et de la faille F1. De la sorte, les points de contact de la surface M avec la faille ou la cassure F1, ainsi que la partie F11 du plan de faille qui relie les morceaux de la surface M entre eux, sont solidaires de la surface M lors de la détermination de chacune de ses occurrences d'emplacement.

Dans une étape suivante, le point cible invariant C ayant pour
15 coordonnées Cx, Cy et Cz est projeté de préférence verticalement sur chaque occurrence d'emplacement de la surface S pour déterminer un point d'impact. Ensuite, l'ensemble des points d'impact ainsi déterminés est reporté sur l'emplacement E0 de la surface S en attribuant à chaque point d'impact, sur cet emplacement E0, des coordonnées surfaciques identiques à
20 celles qu'il avait sur l'occurrence d'emplacement de la surface S associée à ce point d'impact. Les coordonnées surfaciques d'un point sur la surface S s'entendent comme des coordonnées par rapport à un couple d'axes portés par la surface S.

La figure 4 représente une vue de dessus d'une surface maillée
25 sur la base d'un maillage triangulaire. La surface est coupée par deux failles F1 et F2. Au centre de la figure, un petit triangle représente le point cible C pris sur l'emplacement E0 choisi a priori de la surface S. De part et d'autre du petit triangle, on observe un nuage de points d'impact figurés par des petits ronds. Chaque petit rond représente la position d'un point d'impact sur
30 une occurrence d'emplacement de la surface, lequel emplacement est bien entendu différent de l'emplacement E0 de la surface choisi a priori comme support du nuage des points d'impact. L'ensemble des points d'impact de l'emplacement E0 constitue une distribution statistique puisque chaque point d'impact est associé à une occurrence d'emplacement de la surface S.
35 Le nombre de points d'impact est donc statistiquement significatif.

A partir de la distribution des points d'impact, on définit une densité de probabilité en tout point de la surface S, ladite densité permettant d'obtenir la probabilité pour qu'un point quelconque de ladite surface S soit un point d'impact.

5 L'ensemble des points d'impact de la figure 4 situé autour du point cible C est inscrit dans un quadrilatère Q, par exemple un rectangle comme représenté sur la fig. 5. Le quadrilatère Q est maillé à l'aide d'un maillage secondaire régulier, de préférence avec des mailles carrées ayant toutes la même aire. Puis, on attribue à chaque maille du quadrilatère Q une
10 valeur de probabilité d'impact égale au rapport du nombre de points d'impact qu'elle contient au nombre total de points d'impact inscrits dans le quadrilatère Q.

La figure 5 montre un zoom sur un nuage de points d'impact. Le nuage est ici inscrit dans le quadrilatère Q qui supporte un maillage
15 secondaire à base de mailles carrées d'aire égale entre elles. Le comptage des points d'impact est réalisé maille par maille, par exemple la maille M1 contient 6 points d'impact, la maille M2 contient 2 points d'impact, etc. Les mailles étant toutes d'aire égale et les diverses positions de la surface S étant toutes équiprobables, on assimile le rapport du nombre de points
20 d'impact contenus dans une maille donnée au nombre total de points d'impact à la probabilité d'atteindre la maille donnée lors du forage. L'opération de comptage du nombre de points d'impact associés à chaque maille du maillage secondaire du quadrilatère Q produit une distribution sous la forme d'un histogramme dans les deux dimensions qui définissent la
25 surface S. A partir de l'histogramme ainsi produit, on détermine une densité de probabilité en deux dimensions.

Dans une dernière étape, on cartographie sur l'emplacement E0 de la surface S la densité de probabilité en courbes d'isovaleurs de probabilité ou courbes d'isoprobabilité.

30 La figure 6 représente le résultat final à l'issue de l'application de la méthode. On observe le même nuage de points que celui de la figure 5 ceint par des courbes d'isoprobabilité d'impact. La précision de ces courbes est d'autant plus grande que le nombre de détermination de points d'impact est élevé et que le maillage secondaire est serré.

REVENDEICATIONS

1. Méthode d'élaboration de cartes de probabilité de position de points d'impact d'un puits sur une surface S incluse dans un milieu en trois dimensions et dont l'emplacement est connu avec des incertitudes géométriques, caractérisée en ce qu'elle consiste à :
- définir un point cible fixe et invariant, choisi a priori sur un emplacement initial E0 de la surface S,
 - discrétiser la surface S à l'aide d'un maillage composé de nœuds et de mailles,
 - affecter au moins un vecteur d'incertitude géométrique élémentaire à chaque nœud du maillage de la surface S,
 - déterminer un nombre d'occurrences statistiquement significatif d'emplacements de la surface S en fonction des incertitudes géométriques qui l'affectent,
 - projeter le point cible sur chaque occurrence d'emplacement de la surface pour en déduire un point d'impact,
 - reporter l'ensemble des points d'impact sur l'emplacement E0 de la surface S en attribuant à chacun de ces points des coordonnées surfaciques identiques à celles qu'il avait sur l'occurrence d'emplacement de la surface le contenant,
 - définir sur la surface S une distribution statistique pour l'ensemble des points d'impact,
 - déterminer à partir de la distribution statistique une densité de probabilité en tous les points de la surface S, ladite densité donnant la probabilité pour qu'un point quelconque de la surface S soit un point d'impact, et
 - cartographier sur la surface S la densité de probabilité en courbes de niveaux.
2. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que les occurrences d'emplacements de la surface sont obtenues par tirages au sort des vecteurs d'incertitudes élémentaires.
3. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'on attribue en chaque nœud du maillage de la surface plusieurs vecteurs d'incertitudes géométriques élémentaires et qu'on calcule un vecteur

incertitude global qui est la résultante desdits vecteurs d'incertitudes géométriques élémentaires et qui est affecté au nœud considéré.

4. Méthode selon la revendication 3, caractérisée en ce que la surface S étant un horizon sismique défini par un pointé et une migration
5 profondeur, on attribue à chaque nœud du maillage de l'horizon sismique trois vecteurs d'incertitudes géométriques élémentaires, qui sont un vecteur d'incertitude sur le pointé de l'horizon, un vecteur d'incertitude sur la migration profondeur et un vecteur d'incertitude sur un calage sismique de l'horizon à au moins un forage du milieu, pour calculer le vecteur résultante
10 desdits vecteurs.

5. Méthode selon la revendication 4, caractérisée en ce qu'en chaque nœud de l'horizon, les incertitudes géométriques élémentaires varient en intensité sans varier en direction.

6. Méthode selon la revendication 5, caractérisée en ce que les
15 variations de direction des incertitudes géométriques élémentaires en chaque nœud de l'horizon sont prédéterminées.

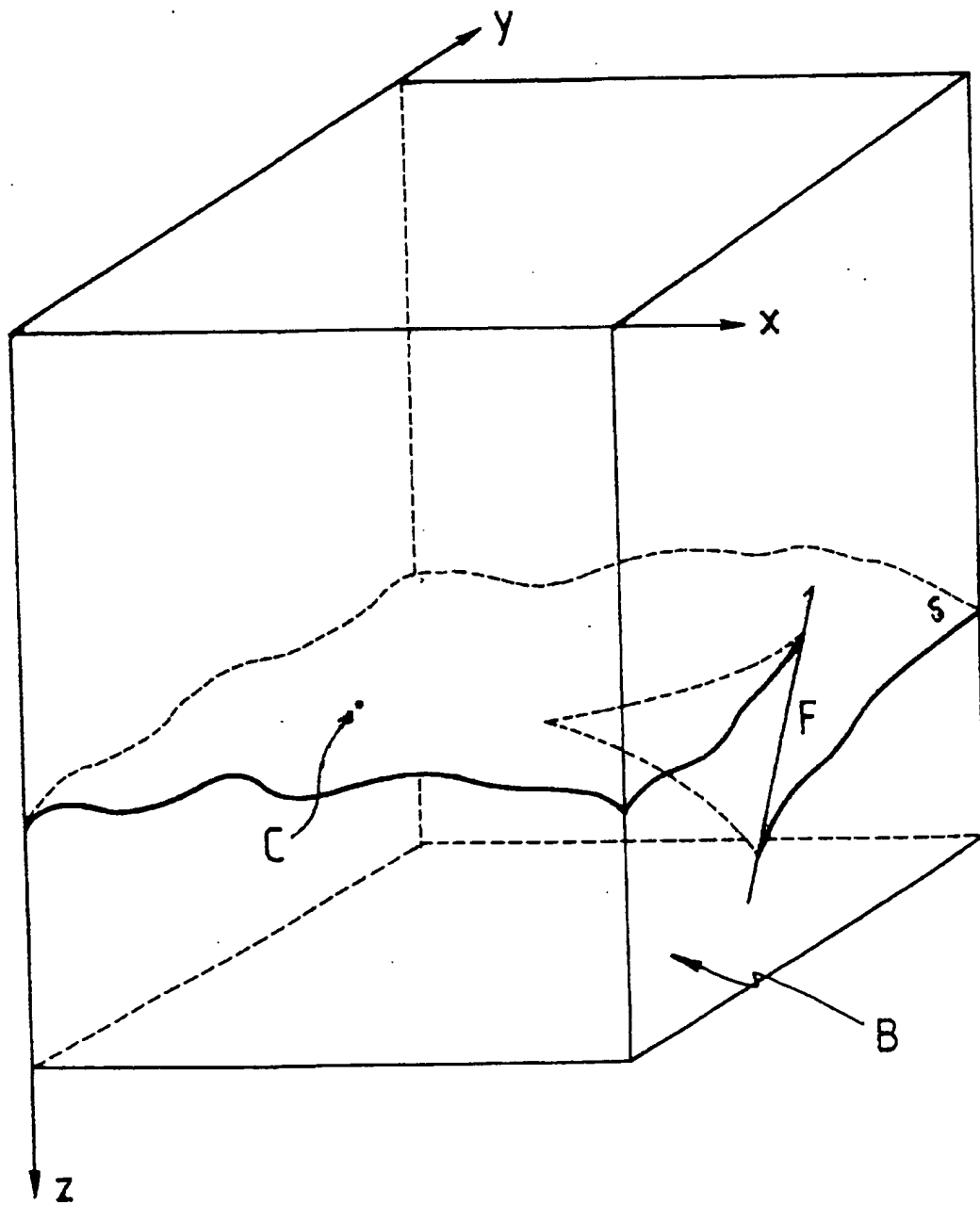
7. Méthode selon la revendication 4, caractérisée en ce qu'en des nœuds voisins de la surface, les intensités des vecteurs incertitudes résultantes présentent des valeurs telles que lesdits nœuds ne se déplacent
20 pas de façon indépendante les uns des autres lors de la détermination de chaque occurrence d'emplacement de la surface.

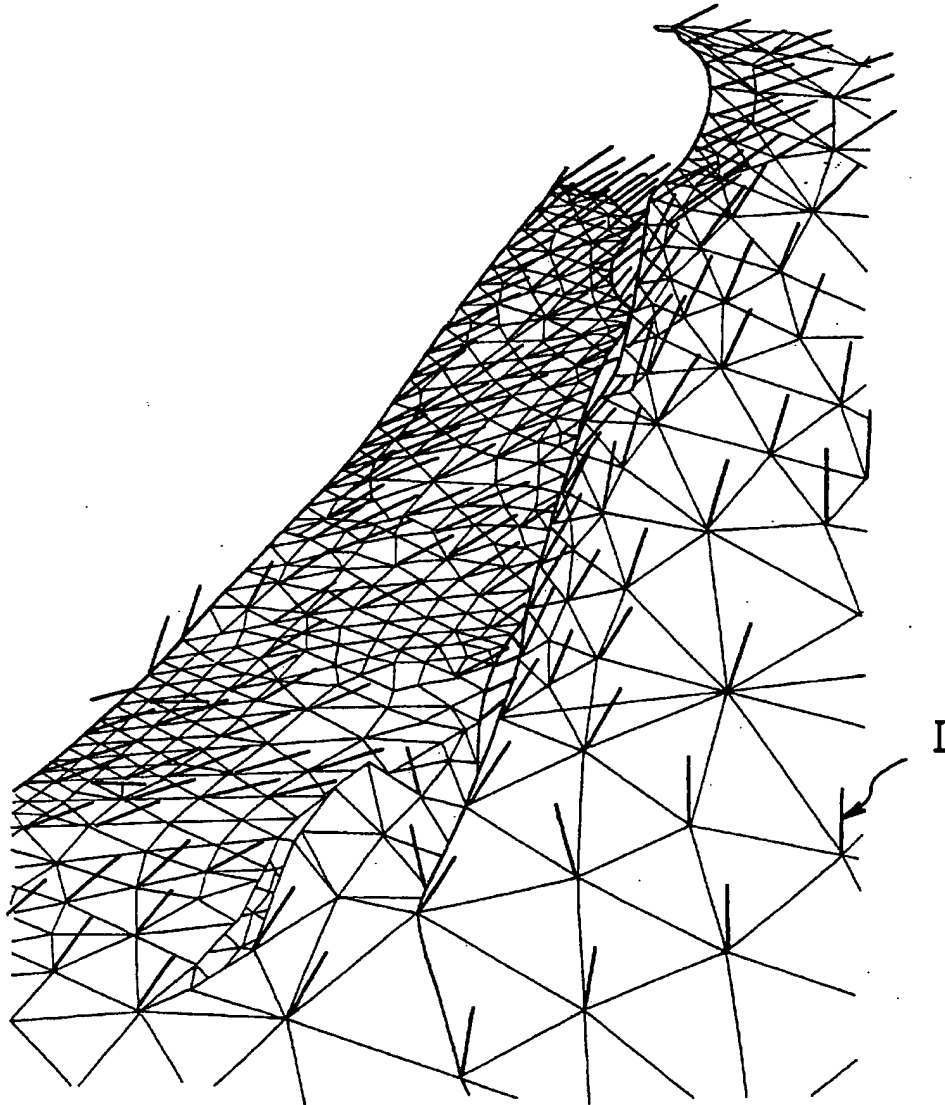
8. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que, lorsque la surface est traversée par au moins une cassure, les points de contacts de la surface avec la cassure, ainsi que la partie du plan de cassure qui relie les
25 morceaux de la surface entre eux sont solidaires de la surface lors de la détermination de chacune de ses occurrences d'emplacement.

9. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que la détermination de la densité de probabilité de présence d'un point d'impact quelconque sur la surface à partir de la distribution des points d'impact
30 consiste à :

- inscrire l'ensemble des points d'impact dans un quadrilatère s'appuyant sur la surface S,
- mailler le quadrilatère à l'aide de mailles ayant toutes la même
aire,
- 35 - attribuer à chaque maille une valeur de probabilité égale au

rapport du nombre de points d'impact qui la traversent au nombre total de points d'impact inscrits dans le quadrilatère.

FIG.1

FIG. 2

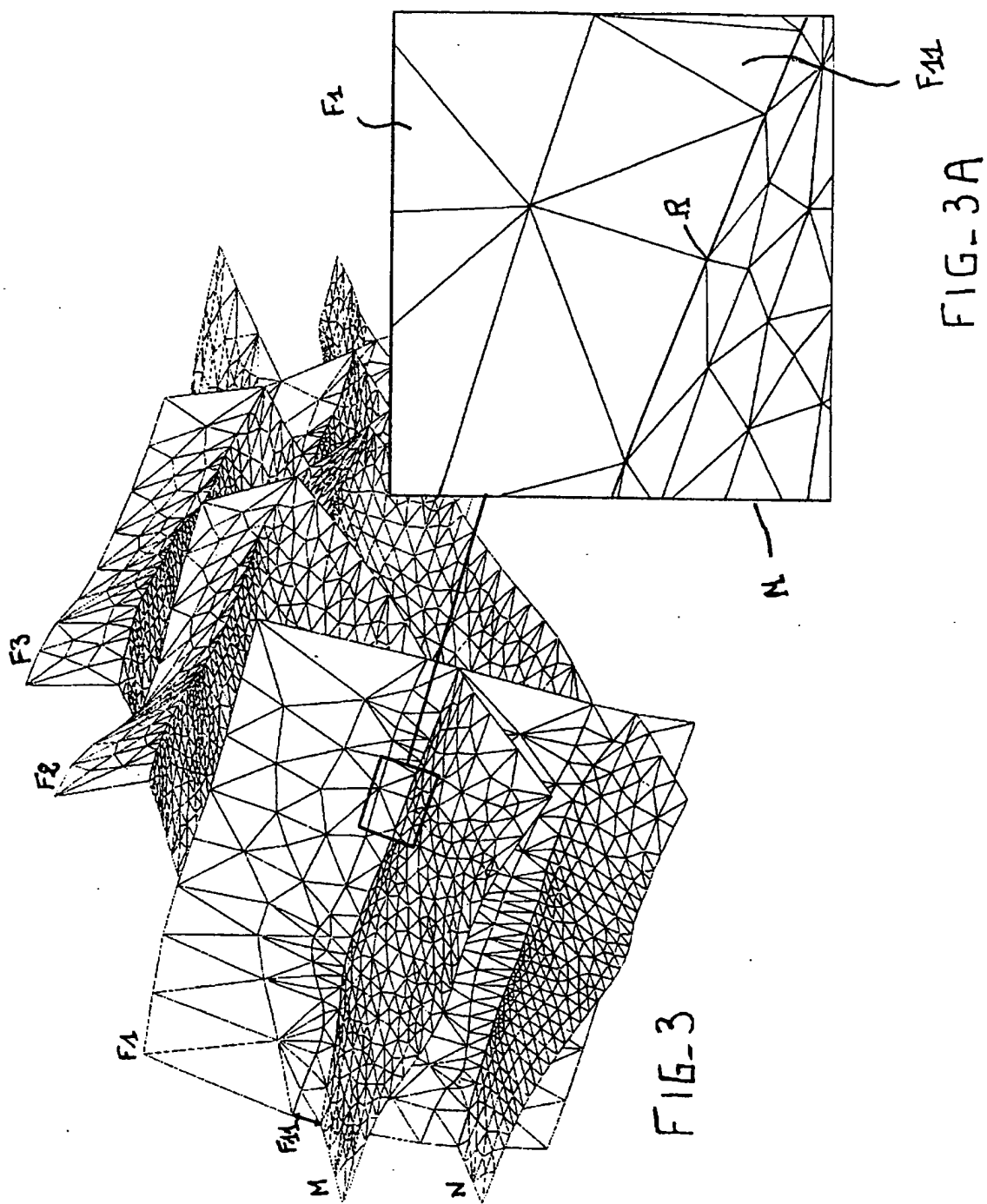


FIG-3

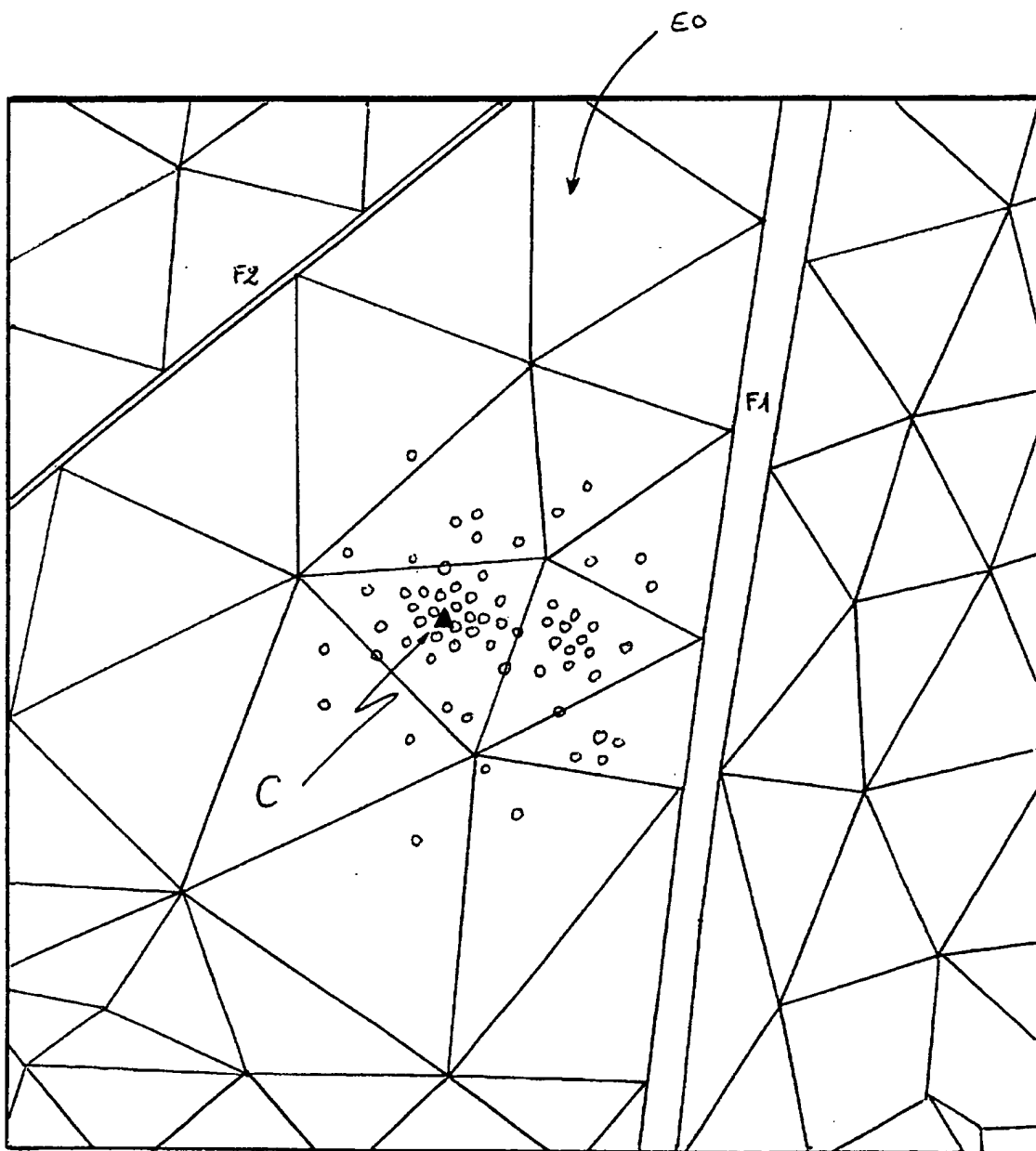


FIG. 4

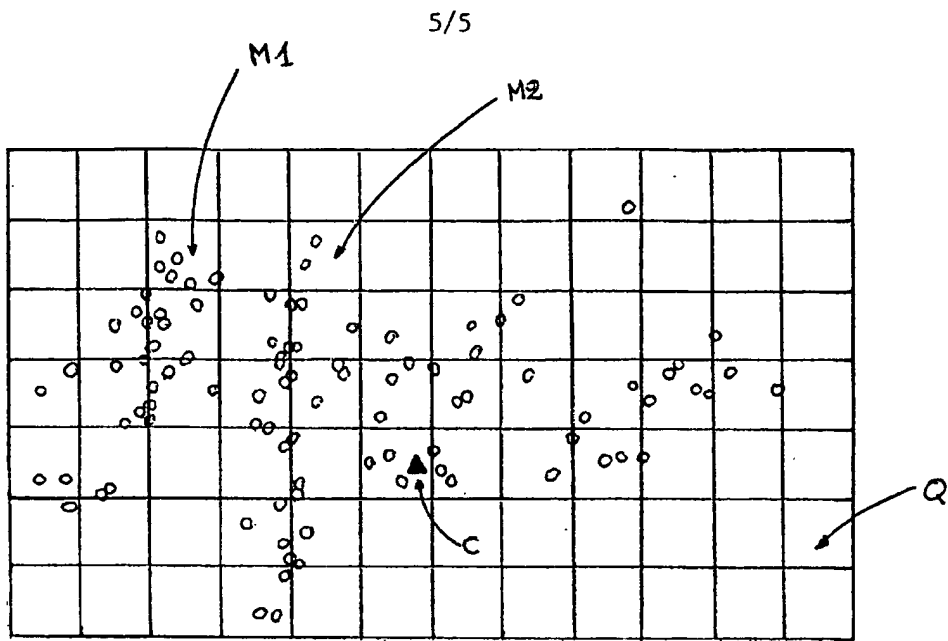


FIG. 5

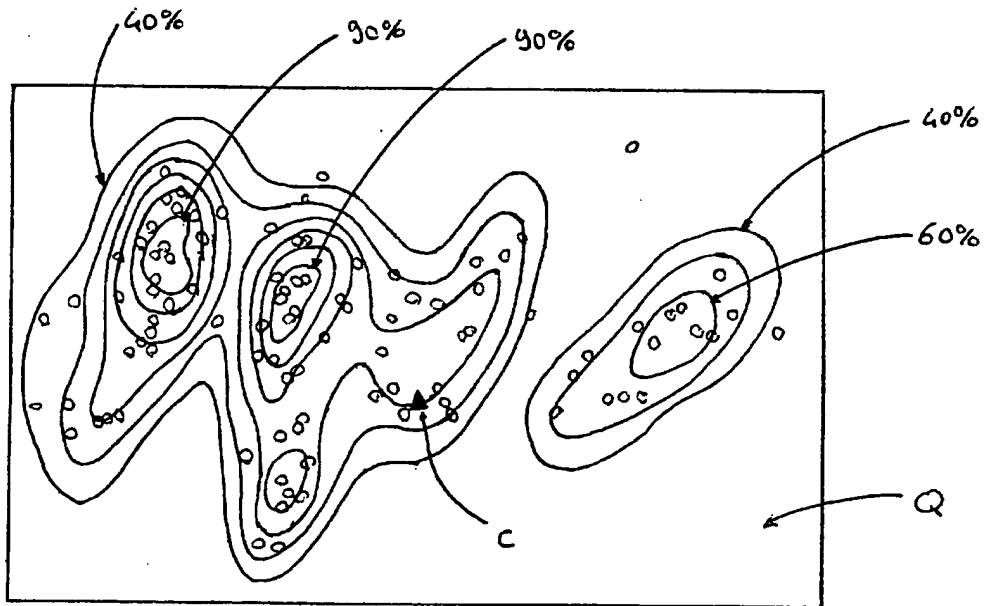


FIG. 6

[illegible]